

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-246695

(43)Date of publication of application : 02.09.2003

(51)Int.Cl.

C30B 29/06

(21)Application number : 2003-042898

(71)Applicant : WACKER SILTRONIC AG

(22)Date of filing : 20.02.2003

(72)Inventor : WEBER MARTIN DR  
GMEILBAUER ERICH  
VORBUCHNER ROBERT

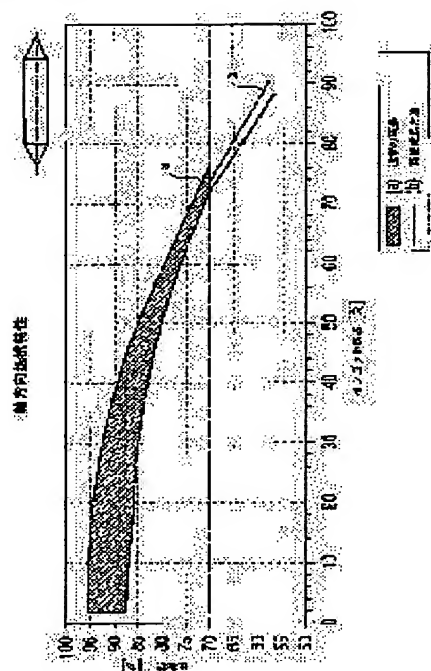
(30)Priority

Priority number : 2002 10207284 Priority date : 21.02.2002 Priority country : DE

## (54) METHOD FOR PRODUCING HIGHLY DOPED SILICON SINGLE CRYSTAL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method by which a highly doped silicon single crystal free of dislocations can be produced inexpensively.

SOLUTION: In a method for producing the highly doped silicon single crystal by pulling the single crystal from a molten material which contains dopant and is held in a rotating crucible, growth fluctuations during the pulling of the single crystal are limited to an amount of  $-0.3$  to  $0.3$  mm/min.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

20.02.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-246695  
(P2003-246695A)

(43) 公開日 平成15年9月2日(2003.9.2)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

C 3 0 B 29/06

識別記号

5 0 2

F I

C 3 0 B 29/06

テーマコード(参考)

5 0 2 J 4 G 0 7 7

5 0 2 G

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願2003-42898(P2003-42898)

(22) 出願日 平成15年2月20日(2003.2.20)

(31) 優先権主張番号 1 0 2 0 7 2 8 4 . 1

(32) 優先日 平成14年2月21日(2002.2.21)

(33) 優先権主張国 ドイツ (D E)

(71) 出願人 599119503

ワッカー ジルトロニック アクチエンゲ  
ゼルシャフト

Wacker siltronic AG

ドイツ連邦共和国 ブルクハウゼン ヨハ

ネス-ヘス-シュトラッセ 24

(72) 発明者 マーティン ヴェーバー

ドイツ連邦共和国 カストゥル フォルス

ターシュトラッセ 8

(74) 代理人 100061815

弁理士 矢野 敏雄 (外4名)

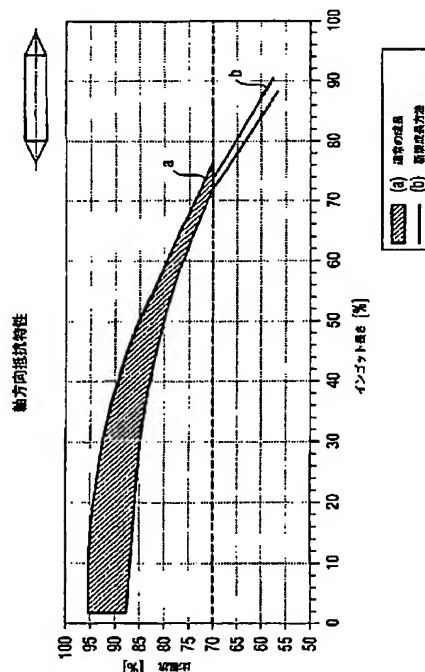
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高濃度にドーピングされたシリコン単結晶の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 高濃度にドーピングされた無転位のシリコン単結晶を経済的に製造できる方法を提供すること

【解決手段】 回転する坩堝内に存在する、ドーパントを含有する熔融液から単結晶を引き上げることにより、高濃度にドーピングされたシリコン単結晶を製造する方法において、単結晶引上時の成長変動が $-0.3\text{ mm/min} \sim 0.3\text{ mm/min}$ となるように制限することを特徴とする、高濃度にドーピングされたシリコン単結晶の製造方法。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 回転する坩堝内に存在する、ドーパントを含有する熔融液から単結晶を引き上げることにより、高濃度にドーピングされたシリコン単結晶を製造する方法において、単結晶引上時の成長変動が  $-0.3 \text{ mm/min} \sim 0.3 \text{ mm/min}$  となるように制限することとを特徴とする、高濃度にドーピングされたシリコン単結晶の製造方法。

【請求項 2】 熔融液と成長する単結晶との間の界面への熱エネルギーの供給を調整することにより成長変動を制限する、請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】 低い引上速度を選択することにより成長変動を制限する、請求項 1 又は 2 記載の方法。

【請求項 4】 熔融液内の対流に影響を及ぼす磁場をかけることにより成長変動を制限する、請求項 1 から 3 までのいずれか 1 項記載の方法。

【請求項 5】 坩堝の回転を調整することにより成長変動を制限する、請求項 1 から 4 までのいずれか 1 項記載の方法。

【請求項 6】 単結晶の引上時に行われる結晶移動量の調整により成長変動を制限する、請求項 1 から 5 までのいずれか 1 項記載の方法。

【請求項 7】 熔融液をヒ素、アンチモン又はリンでドーピングする、請求項 1 から 6 までのいずれか 1 項記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、回転する坩堝内に存在する、ドーパントを含有する熔融液から単結晶を引き上げることにより、高濃度にドーピングされたシリコン単結晶の製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】高純度単結晶、特に単結晶シリコン棒を製造するために、チョクラルスキーによる坩堝引上法（CZ坩堝引上法）及びフロートゾーン法が通常使用される方法である。坩堝引上法では一般に熔融液を製造するための単結晶又は多結晶半導体破砕物を熔融坩堝内に装入する。次いで、加熱により、坩堝内容物が次第に熔融状態に移行するまで坩堝温度を上昇させる。この熔融液に種結晶を当接し、段階的に円柱状に成長するシリコン単結晶を引き上げる。この単結晶は種結晶、最初に引き上げられる種結晶ネック部（Dash neck）、それに引き続き引き上げられる円柱状部分への移行部としての始端円錐部、円柱状部分自体及び終端円錐部とを有する。単結晶の円柱状部分が一般に半導体ウェハに加工される。

【0003】結晶成長速度により、欠陥の分布及び酸素析出が影響される。高濃度にドーピングされた単結晶、特にヒ素、アンチモン、純粋なリン又はホウ素を用いたドーピングのために、この酸素析出は窒素又は炭素のよ

うな不純物の適切な添加により調整される。このために  $1 \cdot 10^{13} \sim 5 \cdot 10^{15} \text{ 1/cm}^3$  の範囲内の窒素濃度及び  $2 \cdot 10^{18} \text{ 1/cm}^3$  を上回る炭素含有量が利用される。

【0004】高濃度にドーピングされた単結晶は飽和濃度に近い濃度でドーパントを含有する。この単結晶及びこの単結晶から切り出された半導体ウェハは高いドーパント濃度のために電氣的に低抵抗特性を示す。このようなシリコン単結晶を製造するのは、比較的高い濃度のドーパントを組み込むことにより単結晶引上時の転位形成の危険が明らかに高まるために困難である。他方で、200mmを上回る直径の低抵抗半導体ウェハの需要は増大している。しかしながら、これは、高抵抗（低濃度ドーピングした）半導体ウェハとは反対に、前記の問題のためにほとんど経済的に製造することができない。転位が単結晶内で拡がり、この単結晶は使用できなくなる。引き上げられた結晶棒は溶融し直さなければならず、新規の費用のかかる引上試験を開始しなければならない。しかしながら可能な引上試験の数は溶融坩堝の耐用時間によって制限されるため、場合により欠陥のない単結晶は引き上げることができなくなる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明の課題は、高濃度にドーピングされた無転位のシリコン単結晶を経済的に製造できる方法を提供することであった。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】前記の課題は、回転する坩堝内に存在し、ドーパントを含有する熔融液から単結晶を引き上げることにより、高濃度にドーピングされたシリコン単結晶を製造する方法において、単結晶引上時の成長変動が  $-0.3 \text{ mm/min} \sim 0.3 \text{ mm/min}$  となるように制限することにより解決される。

【0007】意外にも、成長変動を前記の提案した範囲内に維持する場合に、転位頻度を明らかに減少させることに成功した。この範囲の限界値は、設定された成長速度から最大で許容される逸脱である。成長速度の変動を適切に抑制することにより、恐らくドーパントの均質な組み込みが可能となるため、成長する単結晶内で転位を引き起こす局所的な応力はほとんどまれにしか生じない。

【0008】本発明は、有利に、シリコン単結晶の製造のために、特にヒ素、アンチモン又はリンでドーピングされていてかつヒ素でドーピングした場合に比抵抗は有利に高くても  $3 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 、特に有利に高くても  $2 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 、アンチモンでドーピングした場合に比抵抗は有利に高くても  $20 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 、特に有利に高くても  $15 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 、及びリンでドーピングした場合に比抵抗は有利に高くても  $2 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 、特に有利に高くても  $1.5 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$  を有するようなシリコン単結晶の製造のために使用される。提案されたように成長変動を

制限する場合に、無転位の結晶成長自体は、ドーバントの飽和限界付近の高濃度にドーピング領域でも可能である。

【0009】達成しようとする高いドーバント濃度（これは低い比抵抗を生じさせる）は、偏折のために一般に単結晶の円柱状部分の後方領域で達成される。従って、本発明の特別な利点は、特に引上プロセスのこの相において注目される。しかしながら、成長変動を適当に抑制することは、種結晶ネック部、始端円錐部又は終端円錐部の無転位の引上のためにも有利である。

【0010】不所望な成長変動は、たとえば熔融液と成長する単結晶との間の界面への熱エネルギーの供給を調整することにより制限することができる。これはたとえば正確に位置調整された熱出力により達成することができる。成長する単結晶への熱供給は、坩堝回転数によっても有効に調整される。成長変動は、熔融液内の対流に影響を及ぼすような磁場をかけることによって制限できる。低い引上速度も有利であり、この場合、単結晶の引上時の結晶移動度は有利に0.8mm/min未満、特に有利に0.6mm/min未満である。最後に、こ

20

\*メータを組み合わせるのが特に有利である。

【0011】

【実施例】本発明の効果を次に図面を用いて明確に説明する。この図面は引上試験の結果を示し、この場合に200mmの直径を有するヒ素でドーブした単結晶をチョクラスキー法により製造した。

【0012】図1は、単結晶の長さに依存する比抵抗の比較観察を示す。通常の（a）で示す単結晶の場合には、所定の比抵抗の達成後に無転位の成長はもはや不可能であることが確認できる。それに対してその他は同じ条件で引き上げた場合に、請求の範囲に記載された範囲の成長変動を維持するように引き上げた場合（b）に、2.0mΩ・cmの低い比抵抗を有する棒状部分も無転位で引き上げ可能であった。

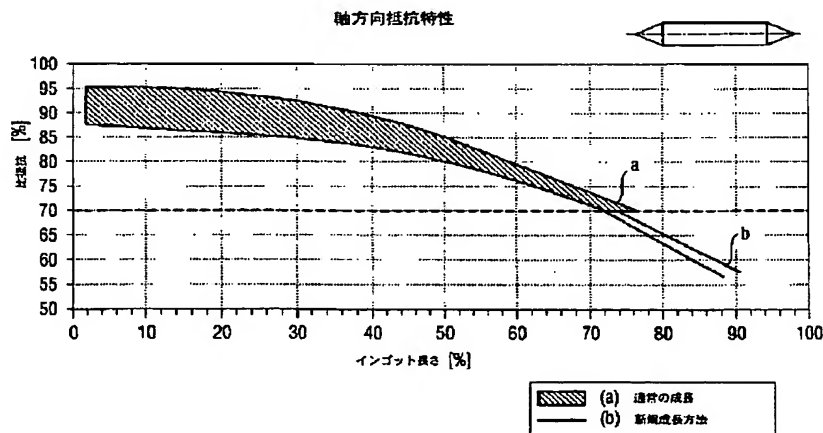
【0013】図2では、同じ引上試験について、単結晶の長さに依存する成長速度を示す。すでに成長変動の推奨される限度を僅かに外れただけで不利な結果が生じることが明らかである。予定の完全な単結晶棒の長さとはもはや達成できなかった。

【図面の簡単な説明】

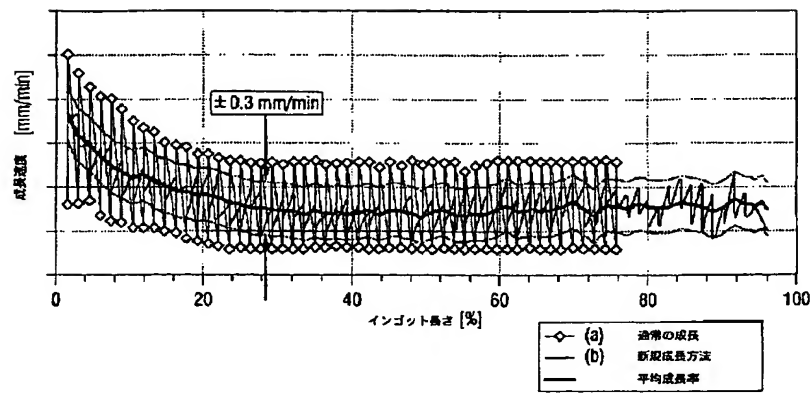
【図1】単結晶の長さに依存する比抵抗をグラフで示す図

【図2】単結晶の長さに依存する成長速度をグラフで示す図

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 エーリヒ グマイルパワー  
オーストリア国 バンタレオン ヴィルツ  
フート 43

(72)発明者 ロベルト フォアブーフナー  
ドイツ連邦共和国 ブルクハウゼン リン  
ダッハーシュトラッセ 9

Fターム(参考) 4G077 AA02 BA04 CF10 EB01 EH08  
EH09 EJ02 PF17 PF51